



Miljø- og
Ligestillingsministeriet
Miljøstyrelsen

Undersøgelse af PFAS i dansk tekstilaffald

Miljøprojekt nr. 2295

Februar 2025

Titel: Undersøgelse af PFAS i dansk tekstilaffald

Formål:

Projektets formål er at bidrage til opbygning af viden om forekomsten af PFAS (Per- og polyfluoralkylstoffer) i dansk beklædningsaffald af tekstil. Tekstiler kan være behandlet med PFAS, som kan være problematiske i forbindelse med genanvendelsen af tekstilaffald. Projektet kan bidrage til vurdering af den nuværende sorteringsvejledning for tekstilaffald og potentialet for genanvendelse under hensyntagen til miljøet.

Udarbejdet af: Rambøll

Udarbejdet for: Miljøstyrelsen

Finansieret af: Miljøministeriet

Leveringsdato for rapport: 20. december 2024

Udgiver: Miljøstyrelsen

Redaktion:

Marlies Warming,

Emilie Bak,

Mads Jespersen

ISBN: 978-87-7038-716-3

Miljøstyrelsen offentliggør rapporter og indlæg vedrørende forsknings- og udviklingsprojekter inden for miljøsektoren, som er finansieret af Miljøstyrelsen. Det skal bemærkes, at en sådan offentliggørelse ikke nødvendigvis betyder, at det pågældende indlæg giver udtryk for Miljøstyrelsens synspunkter. Offentliggørelsen betyder imidlertid, at Miljøstyrelsen finder, at indholdet udgør et væsentligt indlæg i debatten omkring den danske miljøpolitik.

Må citeres med kildeangivelse

Indhold

Summary	4
Resumé	5
1. Formål og baggrund	6
1.1 Formål	6
1.2 Baggrund	6
2. Metode	7
2.1 Prøvetagning af beklædningsaffald af tekstil, der kan være imprægneret med PFAS	7
2.1.1 Udvælgelseskriterier for prøver	7
2.1.2 Prøvetagningsmetode	7
2.1.3 Prøveforberedelse	8
2.2 Analyse af PFAS	8
3. Resultater	12
3.1 Prøvetagning	12
3.2 Analyseresultater	13
4. Diskussion	18
5. Konklusion	20

Summary

Objective

The aim of the project is to contribute to the knowledge-building about the occurrence of PFAS (per- and polyfluoroalkyl substances) in Danish textile waste. Textiles may be treated with PFAS, which can pose challenges for the recycling of textile waste. The project aims to contribute to assessing the current sorting guidelines for clothing textile waste and the potential for recycling taking environmental considerations into account.

Method

119 samples of Danish textile waste, including rainwear, water-repellent outerwear and sportswear, were collected from receiving stations and recycling centres in Zealand and Jutland. The samples were combined into composite samples with five individual samples (from the same type of clothing) in each composite sample. 24 composite samples were analysed for 40 different PFAS compounds.

Results

From the results, it can be summarized that:

- 30 out of 40 PFAS were measured above the quantification limit.
- 22 out of 24 composite samples contained PFAS.
- The most frequently detected PFAS, quantified in more than half of the samples were: PFOA, 6:2 diPAP, PFDA, PFNA, PFDoA, and PFHxA.
- 8:2 FTOH, 10:2 FTOH, and MeFOSE were present in the highest concentrations, with more than 1,000 µg/kg (1 mg/kg) in some of the composite samples.
- The majority of detected PFAS occurs in low concentrations - out of 219 detections of all PFAS in all composite samples, approximately 90% were < 100 µg/kg, 8% in the range of 100 - 1,000 µg/kg, and only 1.5% were > 1000 µg/kg.
- The samples with the highest number of PFAS compounds were a composite sample of water-repellent workwear and all three composite samples consisting of rainwear.

Discussion and Conclusion The findings indicate that the use of composite samples and the selected analytical methods are suitable for detecting PFAS in textile waste, with 75% (30 out of 40) of the analysed PFAS detected in 92% (22 out of 24) of the composite samples.

However, it is noted that the study cannot be regarded as fully representative of Danish textile waste due to the main reasons:

- The limited number of samples (119 samples distributed into 24 composite samples).
- Only a single sampling was conducted; thus, there is no knowledge of the variation in clothing types or quantities of textiles throughout the year.
- Samples were collected from sites covering a smaller part of the country (samples collected from waste management facilities covering up to 34 municipalities out of 98 Danish municipalities).
- Based on experiences from the sampling process, textiles with likely PFAS content constitute a smaller fraction of the total textile waste stream (<5%, subjective assessment). However, this assessment cannot be supported by sorting analysis or other data.

Currently, textiles clothing such as rainwear, should not be sorted as textile waste according to the Environmental Protection Agency's sorting guidelines. Rather, they should be sorted as residual waste because these textiles can contain substances such as PFAS, which can be problematic in the recycling process. The results of the study support the current sorting guidelines.

Resumé

Formål

Projektets formål er at bidrage til opbygning af viden om forekomsten af PFAS (Per- og polyfluoralkylstoffer) i dansk beklædningsaffald af tekstil. Tekstiler kan være behandlet med PFAS, som kan være problematiske i forbindelse med genanvendelsen af tekstilaffald. Projektet kan bidrage til vurdering af den nuværende sorteringsvejledning for tekstilaffald og potentialet for genanvendelse under hensyntagen til miljøet.

Metode

I projektet blev der indsamlet 119 prøver af dansk tekstilaffald, herunder regntøj, vandafvisende overtøj og sportstøj fra modtagestationer og genbrugspladser på Sjælland og i Jylland. Prøverne blev kombineret i blandeprøver med fem enkeltprøver (fra samme beklædningstype) i hver blandeprøve. 24 blandeprøver blev analyseret for 40 forskellige PFAS-forbindelser.

Resultater

Fra resultaterne kan det opsummeres at:

- 30 ud af 40 PFAS-forbindelser blev målt over kvantificeringsgrænsen i prøverne.
- 22 ud af 24 blandeprøver indeholdt målbare koncentrationer af PFAS.
- De hyppigst fundne PFAS-forbindelser, målt i mere end halvdelen af prøverne var: PFOA, 6:2 diPAP, PFDA, PFNA, PFDoA og PFHxA.
- 8:2-FTOH, 10:2-FTOH og MeFOSE forekom i de højeste koncentrationer over 1.000 µg/kg (1 mg/kg) i blandeprøverne.
- Hovedparten af de detekterede PFAS forekom i lave koncentrationer; ud af 219 detektioner af alle PFAS i alle blandeprøver var ca. 90% < 100 µg/kg, 8% i området 100 – 1.000 µg/kg og kun 1,5% > 1.000 µg/kg.
- De prøver, hvor flest forskellige PFAS-forbindelser blev målt over kvantificeringsgrænsen var en blandeprøve af vandafvisende arbejdstøj og alle tre blandeprøver bestående af regntøj.

Diskussion og konklusion

Resultaterne viser at anvendelse af blandeprøver og de valgte analysemetoder er egnede til at detektere PFAS i tekstilaffald. Der er blevet detekteret 75% (30 ud af 40) af de analyserede PFAS-forbindelser i 92% (22 ud af 24) af blandeprøverne.

Det bemærkes dog, at undersøgelsens repræsentativitet for dansk tekstilaffald er begrænset, hvilket bl.a. kan begrundes med:

- Det begrænsede antal prøver (119 prøver fordelt i 24 blandeprøver).
- At der kun blev foretaget en enkelt prøveudtagning, og der vides således intet om variation af tekstiltyper eller -mængder hen over året.
- At der kun er udtaget prøver fra prøveudtagningssteder, som dækker en mindre del af landet (stikprøver fra indsamlingssteder, der potentielt dækker op til 34 kommuner).
- At andelen af beklædningstekstil med sandsynligt PFAS-indhold vurderes at udgøre en mindre andel af den samlede tekstilaffaldsstrøm (<5%, subjektiv vurdering). Der findes dog ingen sorteringsanalyser eller anden data, der understøtter denne vurdering eller beskriver de forskellige tekstilfraktioner i affaldsstrømmen.

For nuværende skal visse tekstiler, såsom regntøj, jf. Miljøstyrelsens sorteringsvejledning ikke sorteres som tekstilaffald, men derimod som restaffald, fordi disse tekstiler mistænkes for at indeholde stoffer bl.a. PFAS, som kan være problematiske i genanvendelsen. Resultaterne fra undersøgelsen underbygger den nuværende sorteringsvejledning.

1. Formål og baggrund

1.1 Formål

Projektets formål er at bidrage til opbygning af viden om forekomst af PFAS i dansk beklædningsaffald af tekstil, som kan være imprægneret med PFAS, herunder hvilke PFAS-forbindelser, som findes i beklædningsaffald.

Denne viden kan – i samspil med Miljøstyrelsens øvrige indsatser vedr. vidensopbygning på PFAS-området – bidrage til at vurdere hvorvidt den nuværende sorteringsvejledning for tekstiler¹ er retvisende, eller om en større fraktion af tekstilaffaldet kan genanvendes.

1.2 Baggrund

PFAS er en udbredt stofgruppe, som har vist sig problematisk, idet PFAS er svært nedbrydelige og kan transporteres over lange afstande. Dertil har studier vist at eksponering for nogle PFAS kan påvirke menneskers sundhed.²

PFAS har bl.a. været brugt til at imprægnerer tekstiler for at opnå vand- og/eller smudsafvisende egenskaber. Jævnfør det europæiske PFAS begrænsningsforslag, anvendtes i 2020 ca. 92.000 tons PFAS i tekstilsektoren.³ Affald af disse tekstiler kan på grund af imprægneringsmidlerne udgøre en risiko i genanvendelsen. Viden om PFAS i tekstilaffald er begrænset og med kravene om mere genanvendelse af tekstilaffald, er det relevant at få undersøgt PFAS i tekstilaffald.

Projektet har fokus på beklædning af tekstil, der kan være imprægneret med PFAS. Sko og tilbehør, som f.eks. bæltter og tasker, indgår ikke i projektet. Ligeledes indgår andre tekstiltyper end beklædning, f.eks. tæpper, gardiner eller gulvtæpper, heller ikke i projektet.

Det danske Folketing har i 2024 indgået en aftale om at afsætte 404 mio. kr. til en PFAS-handlingsplan. Heri præsenteres bl.a. at en bekendtgørelse om et nationalt forbud mod PFAS i beklædning og imprægneringsmidler til forbrugere er under udarbejdelse.⁴ Regeringen foreslår, at forbuddet skal gælde fra 1. juli 2026.⁵ Det brede PFAS begrænsningsforslag, som er udarbejdet af Danmark, Nederlandene, Tyskland, Sverige og Norge og blev indsendt til ECHA i januar 2023, forventes at træde i kraft omkring 2026-2027. Dermed vil brugen af PFAS i tekstiler skulle udfases senest i 2028-2029 (18 måneder efter lovforslaget træder i kraft).⁶ Indtil det danske forbud samt det brede PFAS begrænsningsforslag under REACH træder i kraft, kan mange PFAS fortsat anvendes i overfladebehandlingen af tekstiler. I betragtning af den fortsatte anvendelse af PFAS i tekstiler samt tekstilernes levetid, kan det forventes at PFAS vil forekomme i tekstilaffaldsstrømmen i en årrække endnu.

I lyset af EU's strategi for bæredygtige tekstiler⁷ er det relevant at undersøge indholdet af PFAS i tekstilaffald, med henblik på at få viden om potentiel spredning i miljøet samt menneskers udsættelse for disse stoffer i forbindelse med genanvendelse af tekstilaffald.

¹ VEJ nr 9793 af 01/07/2022, [Vejledning om sorteringskriterier for husholdningsaffald](#)

² Sundhedsstyrelsen (2023). Helbredseffekter af PFOA, PFNA, PFOS og PFHxS. URL: https://www.sst.dk/-/media/Udgivelser/2023/PFAS/Helbredseffekter-af-PFOA_-PFNA_-PFOS-og-PFHxS.ashx

³ ANNEX XV RESTRICTION REPORT – Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs), Table 3. URL: <https://echa.europa.eu/documents/10162/1c480180-ece9-1bdd-1eb8-0f3f8e7c0c49>

⁴ Miljøministeriet (2024). Aftale om en national handlingsplan for PFAS. URL: https://mim.dk/media/oy-ijbo4n/pfas-national-handlingsplan_maj2024.pdf

⁵ Miljøministeriet (2024). PFAS-handlingsplan: Regeringen vil indføre dansk forbud mod PFAS i tøj og sko. Pressemeddelelse. URL: [PFAS-handlingsplan: Regeringen vil indføre dansk forbud mod PFAS i tøj og sko - Miljøministeriet \(mim.dk\)](#)

⁶ *Annex XV reporting format 040615 (europa.eu) afsnit 2.3

⁷ EU Strategy for sustainable and circular textiles. URL: https://environment.ec.europa.eu/publications/textiles-strategy_en

2. Metode

2.1 Prøvetagning af beklædningsaffald af tekstil, der kan være imprægneret med PFAS

2.1.1 Udvalgelseskriterier for prøver

Eftersom dette projekt skal bidrage til viden om PFAS i dansk beklædningsaffald af tekstil, omfatter undersøgelsen udelukkende beklædningstekstiler, som:

- a. vurderes potentielt at være overfladebehandlet med PFAS-midler.
- b. vurderes at kunne genanvendes.
- c. er så repræsentativt udvalgt som muligt.
- d. tager udgangspunkt i dansk indsamlet tekstilaffald.

På denne baggrund fokuserer denne undersøgelse på en udvalgt del af den samlede tekstilaffaldsfraktion, som vurderes at imødekomme ovenstående inklusionskriterier.

Jævnfør tidligere undersøgelser af PFAS i tekstiler⁸ og efter afklaring med MST, er følgende overordnede beklædningskategorier udvalgt som værende potentielt behandlet med PFAS, og dermed relevante for prøveudvælgelsen:

- **Kategori A: Regntøj** (uden PVC⁹ og uden PU¹⁰), herunder regn- og skaljakker, regnbukser, regnslag.
- **Kategori B: Vandafvisende overtøj**, herunder vinter- og softshell-jakker, veste, termobukser, flyverdragter.
- **Kategori C: Vandafvisende sportstøj**, herunder løbejakker, skitøj.
- **Kategori D: Vandafvisende tilbehør**, herunder handsker, huer, køreposer.

'Vandafvisende' dækker her over et syntetisk materiale (typisk polyester, ikke PU eller PVC), der formodes at være overfladebehandlet for kunne være eller have været vandafvisende en gang. Det bemærkes at alle kategorier kan omfatte både "almindeligt" forbrugertøj og arbejdstøj.

Våde, mugne eller tydeligt kontaminede (olie, malingpletter mv.) beklædningstekstiler udelukkes fra prøvetagning, idet sådanne tekstiler jf. bilag 6 i Affaldsbekendtgørelsen¹¹ ikke vurderes egnet til genanvendelse.

2.1.2 Prøvetagningsmetode

For at øge graden af repræsentativitet af dansk tekstilaffald og for at inkludere så mange prøver som muligt inden for projektets rammer, er det valgt at kombinere prøver fra flere enkelte beklædningsgenstande i blandeprøver. I alt er der udtaget 24 blandeprøver bestående af fem unikke stykker beklædningstekstil hver (en enkelt blandeprøve består kun af fire unikke stykker beklædningstekstil). På denne vis undersøges i alt 119 stykker beklædningstekstil.

Indsamling af prøver blev foretaget i efteråret 2024 ved hhv. RenoSyds lokaliteter i Midtjylland og Ragn-Sells' modtagestation på Sjælland. Prøvetagningsstederne er udvalgt for at dække

⁸ Nicolajsen & Tsitonaki, 2016; Drage et al., 2023; Pivato et al., 2023

⁹ Polyvinylchlorid

¹⁰ Polyurethan

¹¹ [Affaldsbekendtgørelsen](#)

en geografisk spredning på tværs af landsdele, kommuner, land- og byområder. Ragn-Sells på Sjælland modtager tekstilaffald fra både ARC¹², Vestforbrændingen¹³ og ARGOs¹⁴ ejerkommuner (i alt 32 kommuner, dog ikke tekstilaffald fra Københavns Kommune), mens RenoSyd¹⁵ indsamler tekstilaffald fra deres to ejerkommuner.

De praktiske omstændigheder ved prøvetagningen var lidt forskellige ved de forskellige prøvetagningssteder.

Ved RenoSyd blev prøverne udtaget fra to genbrugspladser, hvor sække/poser med tekstilaffald blev åbnet og relevante beklædningsstykker blev udtaget. Derudover blev det også forsøgt at udtage prøver fra husholdningsindsamlingen, hvor tekstilaffaldet (i de røde poser) lå blandet med pap og papir i en bunke. Fordi der tidligere på samme dag havde været afhentning, var bunken meget lille og kun en enkelt prøve blev udtaget fra det husholdningsindsamlede tekstilaffald fra RenoSyd.

Ved Ragn-Sells var tekstilaffaldet samlet i store bunker, hvor noget af tekstilaffaldet var i poser eller sække, mens andet var løst. Bunkerne indeholdt både tekstilaffald fra husholdningsindsamling og fra tekstilindsamling ved genbrugspladser. Sækkene/poserne samt det løse tekstil i bunkerne blev inspiceret visuelt, og relevante beklædningsstykker blev trukket ud/poserne blev åbnet for nærmere inspicering ift. udvælgelseskriterierne.

Prøverne blev sorteret efter beklædningskategori og herefter samlet i sække, når der var indsamlet fem beklædningstyper af samme slags – nok til at udgøre én blandeprøve.

Eftersom viden om sammensætningen af beklædningstyper i dansk tekstilaffald ikke er tilgængelig via f.eks. sorteringsanalyser eller kortlægninger af indholdet i dansk tekstilaffald, er der intet grundlag for at udtage et højere antal af visse beklædningstyper frem for andre. Fordelingen af prøver på kategori A-D er derfor afgjort af de forhåndenværende beklædningstekstiler på prøvetagningstidspunktet.

2.1.3 Prøveforberedelse

Prøverne i hver blandeprøve blev registreret med et unikt prøvenummer, samt blandeprøvenummer jf. Tabel 3-1. Af hvert stykke beklædningstekstil blev klippet to replikater á omkring 20x30 cm stof (svarende til ca. 10 g). Prøver fra samme blandeprøve blev emballeret i samme plastikpose med tydelig angivelse af blandeprøvenummeret. På laboratoriet blev prøverne neddelt og vejlet.

For beklædningstekstiler bestående af flere lag, blev kun det yderste lag medtaget i prøven, idet især dette lag forventes evt. at være overfladebehandlet med PFAS. For beklædningsgenstande sammensat af flere typer tekstil i det yderste lag, blev den type tekstil, som repræsenterer hovedparten, udtaget. Reflekser, mærkater og tapede sømme blev ikke medtaget i prøverne. For jakker blev prøver primært udtaget fra rygstykket, mens der for bukser primært blev klippet prøver fra forsiden af tekstilerne, svarende til området omkring lår og knæ.

2.2 Analyse af PFAS

De 24 blandeprøver af beklædningstekstil er blevet analyseret for deres indhold af 40 forskellige PFAS-forbindelser vha. væskekromatografi hos Eurofins. Hovedparten af PFAS-forbindel-

¹² Dragør, Frederiksberg, Hvidovre, København og Tårnby.

¹³ Albertslund, Ballerup, Brøndby, Egedal, Frederikssund, Furesø, Gentofte, Gladsaxe, Glostrup, Gribskov, Halsnæs, Herlev, Hillerød, Høje-Taastrup, Ishøj, København, Lyngby, Rødovre og Vallensbæk

¹⁴ Greve, Holbæk, Kalundborg, Køge, Lejre, Odsherred, Roskilde, Solrød og Stevn

¹⁵ Odder og Skanderborg

serne kunne analyseres med metoden LidPest.0A-01.032 (LC-MS/MS), mens seks PFAS-forbindelser (6:2 FTOH, 10:2 FTOH, 8:2 FTOH, 8:2 FTA, 6:2 FTAc og 6:2 FTS) blev analyseret med metoden CEN/TS 15968:2018 (LC-MS/MS).

Tabel 2-1 angiver de undersøgte PFAS-forbindelser, deres CAS nr. og kvantifikationsgrænse (LOQ – Limit of Quantification).

Tabel 2-1. Oversigt over de analyserede PFAS-forbindelser.

Forkortelse	Navn (fra laboratoriet)	CAS nr.	LOQ (µg/kg)	LC-MS/MS metode
6:2 FTS	6:2 Fluorotelomer sulfonate	27619-97-2	1	LidPest.0A-01.032
6:2 diPAP	Bis(1H, 1H,2H,2H-perfluorooctyl)phosphate	57677-95-9	1	LidPest.0A-01.032
8:2 diPAP	8:2 Fluorotelomer phosphate diester	678-41-1	1	LidPest.0A-01.032
8:2 FTS	8:2 Fluorotelomer sulfonic acid	39108-34-4	1	LidPest.0A-01.032
10:2 FTS	10:2 Fluorotelomer sulfonic acid	120226-60-0	1	LidPest.0A-01.032
EtFOSA	N-ethyl-perfluorooctane sulfonamide	4151-50-2	1	LidPest.0A-01.032
EtFOSAA	N-ethylperfluorooctane sulfonamid acetic acid	2991-50-6	1	LidPest.0A-01.032
EtFOSE	N-ethylperfluorooctane sulfonamido ethanol	1691-99-2	1	LidPest.0A-01.032
FOSAA	Perfluorooctane sulfonamidoacetic acid	2806-24-8	1	LidPest.0A-01.032
MeFOSA	N-methylperfluorooctane sulfonamide	31506-32-8	1	LidPest.0A-01.032
MeFOSAA	N-methylperfluorooctanesulfonamidoacetic acid	2355-31-9	1	LidPest.0A-01.032
MeFOSE	N-methyl-perfluorooctane sulfonamido ethanol	24448-09-7	1	LidPest.0A-01.032
PFBA	Perfluorobutanoic acid	375-22-4	1	LidPest.0A-01.032
PFBS	Perfluorobutanesulfonic acid	375-73-5	1	LidPest.0A-01.032
PFBSA	Perfluorobutane sulfonamide	30334-69-1	1	LidPest.0A-01.032
PFDA	Perfluorodecanoic acid	335-76-2	1	LidPest.0A-01.032
PFDoA	Perfluorododecanoic acid	307-55-1	1	LidPest.0A-01.032
PFHxA	Perfluorohexanoic acid	307-24-4	1	LidPest.0A-01.032
PFHxS	Perfluorohexanesulfonic acid	355-46-4	1	LidPest.0A-01.032
PFHpA	Perfluoroheptanoic acid	375-85-9	1	LidPest.0A-01.032
PFNA	Perfluorononanoic acid	375-95-1	1	LidPest.0A-01.032
PFOA	Perfluorooctanoic acid	335-67-1	1	LidPest.0A-01.032
PFOS	Perfluorooctanesulfonic acid	1763-23-1	1	LidPest.0A-01.032
PFOSA	Perfluorooctane sulfonamide	754-91-6	1	LidPest.0A-01.032
PFPeA	Perfluoropentanoic acid	2706-90-3	1	LidPest.0A-01.032
PFTeDA	Perfluorotetradecanoic acid	376-06-7	1	LidPest.0A-01.032
PFTriDA	Perfluorotridecanoic acid	72629-94-8	1	LidPest.0A-01.032
PFUdA	Perfluoroundecanoic acid	2058-94-8	1	LidPest.0A-01.032
DPOSA	Capstone Product A	80475-32-7	1	LidPest.0A-01.032
6:2 FTAB	Capstone Product B	34455-29-3	10	LidPest.0A-01.032
6:2/8:2 di-PAP	6:2/8:2 Fluorotelomer phosphate diester	943913-15-3	1	LidPest.0A-01.032
diSAmPAP	Perfluorooctane sulfonamide phosphate diester	2965-52-8	1	LidPest.0A-01.032
HFPO-DA	HFPO-DA (GenX)	13252-13-6	10	LidPest.0A-01.032

Forkortelse	Navn (fra laboratoriet)	CAS nr.	LOQ (µg/kg)	LC-MS/MS metode
diSAmPAP	Perfluorooctane sulfonamide phosphate diester	2965-52-8	1	LidPest.0A-01.032
6:2 FTOH	6:2 Fluorotelomer alcohol	647-42-7	200	CEN/TS 15968:2018
10:2 FTOH	10:2 Fluorotelomer alcohol	865-86-1	200	CEN/TS 15968:2018
8:2 FTOH	8:2 Fluorotelomer alcohol	678-39-7	200	CEN/TS 15968:2018
8:2 FTA	1H,1H,2H,2H-Perfluorodecyl acrylat	27905-45-9	200	CEN/TS 15968:2018
6:2 FTAc	6:2 Fluorotelomer acrylate	17527-29-6	200	CEN/TS 15968:2018
6:2 FTS	6:2 Fluorotelomer sulfonic acid	27619-97-2	100	CEN/TS 15968:2018

3. Resultater

3.1 Prøvetagning

I alt er udtaget 24 blandeprøver, som består af fem unikke stykker beklædningstekstil, med undtagelse af én blandeprøve, der kun består af fire unikke stykker beklædningstekstil. Dvs. at der indgår i alt 119 stykker beklædningstekstil i undersøgelsen.

Ca. 75 % af blandeprøverne (18 stk.) er udtaget hos Ragn-Sells, mens 25 % (6 stk.) er udtaget hos RenoSyd. Dette forhold repræsenterer ikke den reelle fordeling af antallet af indbyggere eller kommuner, men det er alligevel valgt at indsamle relativt for mange prøver fra RenoSyd, for at tilstræbe en repræsentativ indsamling på tværs af landsdele. Prøvetagningen hos Ragn-Sells er desuden fordelt ligeligt mellem de tre affaldsselskaber, som Ragn-Sells modtager tekstilaffald fra.

Fordelingen af prøver på beklædningskategori A-D er afgjort af de forhåndenværende beklædningstekstiler på prøvetagningstidspunktet. De 24 blandeprøver fordeler sig dermed på tre prøver af regntøj (kategori A), 17 prøver af vandafvisende overtøj (kategori B), fire prøver af vandafvisende sportstøj (kategori C) og nul prøver af vandafvisende tilbehør (kategori D). Denne fordeling kan bl.a. begrundes med, at "vandafvisende overtøj" er en bred kategori, hvorfor mange beklædningstyper falder ind under denne. Prøverne omfattede både voksen- og børnetøj. De fundne mængder af vandafvisende tilbehør var for små til at der kunne udføres kemiske analyser (minimum 10 g var nødvendig pr. prøve). Derfor blev der ikke udtaget nogle prøver af denne beklædningstype.

Tabel 3-1 viser hvilke tekstiltyper, som indgik i de tre overordnede kategorier.

Tabel 3-1. Oversigt over hvilke typer beklædningsgenstande, som indgår i de 24 blandeprøver. Prøverne er listet jf. beklædningskategori (A. Regntøj, B. Vandafvisende overtøj, C. Vandafvisende sportstøj).

Kategori	Blandeprøve nr.	Beklædningstekstiler i blandeprøve
Regntøj	A11	Regnjakker
	A12	Regnjakker, regnbukser, regnponcho
	A13	Skaljakker
Vandafvisende overtøj	B1	Flyverdragter, overtræksbukser
	B2	Vinterjakker
	B3	Softshell
	B4	Overgangsjakker
	B6	Softshell
	B7	Termojakker
	B8	Termojakker
	B10	Arbejdstøj
	B14	Arbejdstøj
	B16	Termojakker
	B17	Veste
	B18	Vinterjakker
	B19	Vinterjakker
	B20	Vinterjakker
	B22	Vinterjakker, flyverdragter
	B23	Vinterjakker, flyverdragter
B24	Flyverdragter, termobukser	
Vandafvisende sportstøj	C5	Skijakker
	C9	Løbetøj
	C15	Skibukser
	C21	Løbetøj, skibukser

3.2 Analyseresultater

Samtlige analyseresultater kan ses in Bilag 1.

Tabel 3-2 viser hyppigheden af forekomsten af de enkelte PFAS-forbindelserne, dvs. hvor ofte de er detekteret over kvantificeringsgrænsen (LOQ) i de 24 blandeprøver.

Tabel 3-3 viser en oversigt over resultaterne fra analyserne af de 24 blandeprøver. Oversigten angiver kun et resultat fra prøverne, hvis det målte PFAS-indhold overstiger den angivne kvantificeringsgrænse (LOQ) som angivet i Tabel 2-1.

Fra tabellerne kan det fremhæves at:

- 30 ud af 40 PFAS-forbindelser blev målt over kvantificeringsgrænsen i prøverne.
- 22 ud af 24 blandeprøver indeholdt målbare indhold af PFAS.
- De hyppigst fundne PFAS-forbindelser, målt over kvantificeringsgrænsen i mere end halvdelen af prøverne var (antal prøver med denne PFAS-forbindelse): PFOA (20), 6:2 diPAP (17), PFDA (15), PFNA (15), PFDoA (13) og PFHxA (13).

- 8:2-FTOH, 10:2-FTOH og MeFOSE forekom i de højeste koncentrationer med mere end 1.000 µg/kg (1 mg/kg) i blandeprøverne.
- Følgende PFAS-forbindelser blev ikke målt over kvantificeringsgrænsen, og er derfor ikke gengivet i Tabel 3-3: 6:2 FTS, EtFOSA, MeFOSA, DPOSA, 6:2 FTAB, HFPO-DA, diSAmPAP, 8:2 FTA, 6:2 FTAc, 6:2 FTS.
- Hovedparten af de detekterede PFAS forekommer i lave koncentrationer – ud af 219 detektioner af alle PFAS i alle blandeprøver var ca. 90,5% < 100 µg/kg, 8% i området 100 – 1.000 µg/kg og kun 1,5% > 1.000 µg/kg.
- De prøver, hvor flest forskellige PFAS-forbindelser blev målt over kvantificeringsgrænsen var hhv.:
Prøve B14 (22 PFAS-forbindelser), Prøve A11 (20 PFAS-forbindelser), Prøve A12 (19 PFAS-forbindelser), Prøve A13 (19 PFAS-forbindelser). Tre af disse prøver (A11 – A13) er regntøj. B14 hører til kategorien vandafvisende overtøj og indeholdt arbejdstøj.
- Prøverne med det højeste samlede indhold af PFAS (dvs. hvor summen af alle PFAS-forbindelser var højere end 1.000 µg/kg = 1 mg/kg) var hhv.:
Prøve C15 (skibukser), Prøve B14 (arbejdstøj), Prøve A13 (regntøj) og Prøve A11 (regntøj). Der er et stort overlap mellem de prøver som indeholder mange forskellige PFAS-forbindelser og de prøver hvor den samlede koncentration af PFAS er højest.
- Prøve B3 og Prøve B19 (hhv. softshells og vinterjakker) indeholdt ingen PFAS-forbindelser over de angivne kvantificeringsgrænser.

Table 3-2. Antal blandeprøver med detektioner af de specifikke PFAS-forbindelser.

PFAS-forbindelse	Antal blandeprøver med detektioner af PFAS-forbindelse	% blandeprøver med detektion ud af alle blandeprøver (24 blandeprøver)
6:2 FTS	0	0%
6:2 diPAP	17	71%
8:2 diPAP	8	33%
8:2 FTS	4	17%
10:2 FTS	4	17%
EtFOSA	0	0%
EtFOSAA	7	29%
EtFOSE	9	38%
FOSAA	2	8%
MeFOSA	0	0%
MeFOSAA	2	8%
MeFOSE	9	38%
PFBA	7	29%
PFBS	3	13%
PFBSA	2	8%
PFDA	15	63%
PFDoA	13	54%
PFHxA	13	54%
PFHxS	3	13%
PFHpA	9	38%
PFNA	15	63%
PFOA	20	83%
PFOS	6	25%
PFOSA	6	25%
PFPeA	5	21%
PFTeDA	10	42%
PFTTrDA	5	21%
PFUdA	11	46%
DPOSA	0	0%
6:2 FTAB	0	0%
6:2/8:2 diPAP	4	17%
diSAmPAP	1	4%
HFPO-DA	0	0%
diSAmPAP	0	0%
6:2 FTOH	3	13%
10:2 FTOH	1	4%
8:2 FTOH	5	21%
8:2 FTA	0	0%
6:2 FTAc	0	0%
6:2 FTS	0	0%

Tabel 3-3. Koncentrationer af PFAS i prøver af beklædningstekstil. Prøverne er listet jf. beklædningskategori (A. Regntøj, B. Vandafvisende overtøj, C. Vandafvisende sportstøj). Alle resultater er angivet som µg/kg. Tomme felter i tabellen betyder, at indholdet af PFAS er mindre end kvantificeringsgrænsen.

PFAS-forbindelse	Prøve nr.																							
	A11	A12	A13	B1	B2	B3	B4	B6	B7	B8	B10	B14	B16	B17	B18	B19	B20	B22	B23	B24	C5	C9	C15	C21
6:2 FTS																								
6:2 diPAP		1.2	5	1.8	1.5		1.6	3.4	3	2.7			1.9	4.1	2.2	4.3			1.4	2.4	2.6		1.4	1
8:2 diPAP	1	2.5	2.7							1.3				3.6		7.5					1.3		1	
8:2 FTS			1									1.5								3.1		5.4		
10:2 FTS			1.1									1.2								1.4		3.2		
EtFOSA																								
EtFOSAA	4.1	2.2										5.3	1.5					1.5		1.2		1.1		
EtFOSE	250	29	49	57			3.9					120							3.7		1.8		1.2	
FOSAA	1.2											6.3												
MeFOSA																								
MeFOSAA				1.3								4.3												
MeFOSE	48	82	29	240			13					1300						2.9				3.6	1.3	
PFBA	2.3	6.8		1.9						5.2	3.2	16										2.1		
PFBS										9.9		6.9										1.9		
PFBSA																					1.9	1.4		
PFDA	56	39	3.1				20	3.3		4.3		5.3	1.5	3.2				5.7	5.6	3.6	6.6	4.3	1	
PFD _o A	47	18	2.5				8.1	1.7		1.3		2.9		3.8				2.6	3.4	2.1	3.5	1.1		
PFH _x A	22	64	1.6	71			2.4			2.9	6.4	430		1.1					2.4		5.6	2.7	1.7	
PFH _x S	1.9			2								25												
PFHpA	13	29		37			1.9			1.4		190		1.4					1.1		1.8			
PFNA	16	13	8.5				11	5.2		3		5.6	3.5	20	16			2.1	1.9	1.6	8.1		1.2	

PFAS-forbindelse	Prøve nr.																							
	A11	A12	A13	B1	B2	B3	B4	B6	B7	B8	B10	B14	B16	B17	B18	B19	B20	B22	B23	B24	C5	C9	C15	C21
PFOA	110	81	6	78	8.4		18	3.9		6.5	1	710	5.1	6.1	2.1			6.3	8.6	4.4	16	5.8	1.1	2.4
PFOS	59	7.5	3	59								730												2.1
PFOSA	8.3	3.2	1.5	8.1			6.3					43												
PFPeA	3.1	9.3		7.2							1.4	35												
PFTeDA	22	5.2	1.3				3.8	1				1.1		2.5				1.1	1.5		1.2			
PFTTrDA	8.7	1.8	1.5				1.8								2.2									
PFUdA	10	2.6	3.8				3.3	1.6		2.8		1.3		5.9	4.4			1.5			2.9			
DPOSA																								
6:2 FTAB																								
6:2/8:2 diPAP	1.2	4.7											2.4		3.4									
diSAmPAP											9.5													
HFPO-DA																								
diSAmPAP																								
6:2 FTOH			900																		300		300	
10:2 FTOH																						1700		
8:2 FTOH	400		600																400			4300	800	
8:2 FTA																								
6:2 FTAc																								
Sum af koncentration af alle 40 PFAS	1084	399	1625	563	11	0	95	20	3	41	12	3650	12	58	25	15	0	24	430	22	357	27	6307	808
Antal PFAS i alt	20	19	19	11	3	0	13	7	1	11	4	22	4	13	4	3	0	8	10	9	15	8	9	6
% PFAS detekteret ud af 40 PFAS analyseret	50%	48%	48%	28%	8%	0%	33%	18%	3%	28%	10%	55%	10%	33%	10%	8%	0%	20%	25%	23%	38%	20%	23%	15%

4. Diskussion

Prøvetagning – Prøverne blev udtaget fra tekstilaffald, som stammer fra både husstandsindsamling og fra genbrugsstationer. Det var ikke muligt at tage prøver udelukkende af husstandsindsamlet tekstilaffald. Dette skyldes, at man i flere kommuner ved modtageanlæg for tekstilaffald blander husstandsindsamlet tekstilaffald med tekstilaffald, som er afleveret af private og/eller virksomheder på genbrugsstationer. Det er derfor ikke muligt at vurdere hvilken kilde (private husstande eller genbrugsstationer), som bidrager med flest beklædningstekstiler, som vurderes at kunne være overfladebehandlet med PFAS.

Anvendelsen af blandeprøver – Analyse af blandeprøver blev anvendt i dette projekt, selvom anvendelsen af blandeprøver medfører en risiko at man "fortynder sig under detektionsgrænserne" – dvs. hvis f.eks. kun én prøve indeholdt PFAS i en koncentration omkring kvantifikationsgrænsen, ville man kunne bestemme dette indhold ved at analysere prøven enkeltvis. Hvis prøven dog analyseres samlet med fire andre prøver uden PFAS, ville indholdet ikke være målbart. Til gengæld giver blandeprøver mulighed for at analysere flere individuelle stykker tekstil, selvom antallet af prøver hos laboratoriet er det samme. Dermed kan opnås et mere repræsentativt udsnit af indholdet af PFAS i dansk beklædningsaffald af tekstil. Derfor er denne metode valgt, trods risikoen for fortynding.

Siden der blev målt PFAS i 22 ud af 24 blandeprøver, vurderes det at de anvendte analysemetoder og kvantifikationsgrænser, samt antallet af prøver per blandeprøve, har være egnede til at undgå udfordringen med fortynding. Det bemærkes dog, at det ikke vides om det målte indhold af PFAS i en blandeprøve stammer fra ét eller flere overfladebehandlede tekstiler i blandeprøven, eller om tekstilerne generelt er forurenet med lave niveauer af PFAS pga. sammenblanding i affaldssækken/affaldscontaineren.

Beklædningstyper – Alle tre blandeprøver af regntøj (A11 – A13) viser et højt antal af detekterede PFAS-forbindelser. Dette indikerer at PFAS forekommer hyppigere i regntøj end i vandafvisende overtøj eller vandafvisende sportstøj.

Blandeprøverne B10 og B14 indeholder begge arbejdstøj. Mens der kun blev målt få PFAS (4) i lave koncentrationer (1 – 6 µg/kg) i B10, blev der fundet mange PFAS (22) i til dels høje koncentrationer (op til 1.300 µg/kg) i B14.

Det anses dog ikke som overraskende, at der kan være stor forskel på PFAS-indhold indenfor samme type beklædningstekstil, da overfladebehandling med PFAS i højere grad er afhængig af beklædningsmærket end af -typen.

Repræsentativitet og begrænsninger – Til trods for at der er efterstræbt en så høj grad af repræsentativitet i prøveudtagningen som muligt, er det vigtigt at understrege, at resultaterne baserer sig på en relativt lille stikprøve, der kun viser et øjebliksbillede af en mindre del af tekstilaffaldsstrømmen.

Af begrænsninger og usikkerheder ved prøvetagningsmetoden kan nævnes:

- **Tidspunkt og frekvens for prøvetagning:** Det havde givet et mere repræsentativt billede af hvilke beklædningstyper, der er hyppigst repræsenteret i tekstilaffaldsstrømmen, hvis prøverne kunne have været udtaget fordelt over hele året og alle sæsoner. Dette var ikke muligt jf. opgavens omfang.
- **Prøveudtagningssteder:** Det havde givet et mere repræsentativt billede, hvis der var udtaget prøver fra hele landet.

- Udsnit af tekstilaffaldsprøver: Prøverne er udtaget i det led af tekstilaffaldsstrømmen, som følger sortering fra borgere/virksomheder, men inden professionel efter-sortering (prøverne blev udtaget i dette led af tekstilaffaldsstrømmen, fordi det her var praktisk muligt at indsamle prøverne hos affaldsselskaberne). Dette betyder, at den undersøgte fraktion af tekstilaffald potentielt kan indeholde beklædningsgenstande, som burde have været sorteret til genbrug i stedet for genanvendelse, men som er fejlsorteret af borgeren. Jf. Affaldsbekendtgørelsens bilag 6 omfatter tekstilaffald kun tekstiler, der ikke egner sig til genbrug, fordi de er hullede eller slidte.
Det formodes, at indholdet af PFAS i mere brugt tøj er lavere end i nyt tøj, idet det antages at PFAS udvaskes fra og slides af tekstiler over tid. Derfor er det muligt, at indholdet af PFAS i tekstilaffald ville være lavere, hvis alle tekstiler blev sorteret korrekt, dvs. at kun helt udtjente tekstiler blev sorteret som tekstilaffald.
Baseret på erfaringer fra prøvetagningen vurderes det, at noget af det tøj, som er indgået i analyserne i dette projekt, kunne have været egnet til genbrug. Det har ikke været muligt at vurdere om dette har haft nogen betydelig indvirkning på projektets resultater. Omvendt kan det siges, at udsnittet af prøverne er repræsentativt for den faktiske tekstilaffaldsstrøm.
- Vurdering af andelen af beklædning med PFAS-indhold i den samlede tekstilaffaldsmængde: Baseret på erfaringer fra prøvetagningen, vurderes det, at tekstiler, der ikke var relevant i nærværende projektomfang, udgør de største mængder i tekstilaffaldet, herunder f.eks. tøj af enkelte lag af bomuld eller polyester, og boligtekstiler. Beklædningsaffald som vurderes at kunne indeholde PFAS, udgør en mindre andel af den samlede tekstilaffaldsstrøm (<5%, subjektiv vurdering). Som tidligere nævnt kan denne vurdering dog ikke understøttes af sorteringsanalyser eller anden data.

5. Konklusion

Formålet med denne undersøgelse er at opbygge mere viden om forekomst og indhold af PFAS i dansk beklædningsaffald af tekstil. Denne viden skal bidrage til vurdering af, om retningslinjer til genanvendelse af tekstilaffaldet bør genovervejes.

Der blev fundet 30 ud af 40 analyserede PFAS i blandeprøverne. Dette resultat viser at anvendelse af blandeprøver og de valgte analysemetoder er egnede til at detektere PFAS i tekstilaffald.

Hovedparten af de detekterede PFAS forekommer i lave koncentrationer, dvs. ca. 90% af alle detektioner var under 100 µg/kg.

Det bemærkes, at der jf. POP-forordningen¹⁶ findes grænseværdier for visse PFAS i stoffer, blandinger og artikler, som er lavere end 100 µg/kg. For både PFOA, salte heraf og beslægtede forbindelser samt for PFHxS, salte heraf og beslægtede forbindelser gælder en koncentrationsgrænse på 25 µg/kg.¹⁷ Det understreges at denne koncentrationsgrænsegælder for nye produkter med indhold af PFOA og/eller PFHxS, salte heraf og beslægtede stoffer.

De hyppigst fundne PFAS-forbindelser, målt over kvantificeringsgrænsen i mere end halvdelen af prøverne, var PFOA, 6:2 diPAP, PFDA, PFNA, PFDoA og PFHxA.

I de højeste koncentrationer forekom til gengæld 8:2 FTOH, 10:2 FTOH og MeFOSE med mere end 1.000 µg/kg (1 mg/kg) i to blandeprøver.

Undersøgelsen viser således at PFAS forekommer i forskellige typer beklædningstekstil, der tilføres affaldsstrømmen.

For nuværende skal visse tekstiler, såsom regntøj, jf. Miljøstyrelsens sorteringsvejledning¹⁸ ikke sorteres som tekstilaffald, men derimod som restaffald, fordi disse tekstiler mistænkes for at indeholde koncentrationer af bl.a. PFAS, som kan være problematiske i genanvendelsen. Resultaterne fra undersøgelsen viser at PFAS forekommer hyppigere i regntøj end i andre typer tøj, der også kan formodes at være behandlet med PFAS, hvilket underbygger den nuværende sorteringsvejledning.

¹⁶ [POP-forordningen](#) (EU) 2019/1021

¹⁷ Grænseværdien på 25 µg/kg er trådt i kraft for begge stoffer i 2023 jf. forordning [2023/1608](#) og [2023/866](#). For PFHxS, salte heraf og beslægtede stoffer gælder en undtagelse for brandslukningsskum, hvor grænseværdien er midlertidigt forhøjet til 0,1 mg/kg.

¹⁸ [Vejledning om sorteringskriterier for husholdningsaffald](#)

Bilag 1. Analyserapporter fra laboratoriet

Undersøgelse af PFAS i dansk tekstilaffald

I projektet blev der indsamlet 119 prøver af dansk tekstilaffald, herunder regntøj, vandafvisende overtøj og sportstøj fra modtagestationer og genbrugspladser på Sjælland og i Jylland. Prøverne blev kombineret i blandeprøver med fem enkeltprøver (fra samme beklædningstype) i hver blandeprøve. 24 blandeprøver blev analyseret for 40 forskellige PFAS-forbindelser. Resultaterne viser at anvendelse af blandeprøver og de valgte analysemetoder er egnede til at detektere PFAS i tekstilaffald. Der er blevet detekteret 75% (30 ud af 40) af de analyserede PFAS-forbindelser i 92% (22 ud af 24) af blandeprøverne.



Miljøstyrelsen
Tolderlundsvej 5
5000 Odense C

www.mst.dk